

Analisis Kinerja Metode *Power Control* untuk Manajemen Interferensi Sistem Komunikasi *Uplink* LTE-Advanced dengan *Femtocell*

Safirina Febryanti, Gamantyo Hendrantoro, dan Devy Kuswidiastuti.

Jurusan Teknik Elektro, Fakultas Teknik Industri, Institut Teknologi Sepuluh Nopember (ITS)

Jl. Arief Rahman Hakim, Surabaya 60111

e-mail: gamantyo@ee.its.ac.id

Abstrak—Teknologi LTE-Advanced menghadirkan fitur baru bernama *femtocell* atau disebut juga *Home Enhanced NodeB* (HeNB) yang dapat meningkatkan area cakupan *indoor*. Di lain sisi HeNB menimbulkan interferensi baik *uplink* maupun *downlink*. Interferensi *uplink* terjadi antara user HeNB (HUE) dan user eNB (MUE) maupun sesama HUE. Interferensi ini mendegradasi kinerja sistem terutama dari sisi *Signal to Interference plus Noise Ratio* (SINR).

Penelitian ini memberi penjelasan mengenai penerapan *power control* sebagai teknik manajemen interferensi *uplink* pada sistem LTE-Advanced dengan *femtocell*. *Power control* mengatur daya pancar user penginterferensi sehingga daya interferensi pada sisi HeNB dan eNB berkurang dan nilai SINR akan membaik.

Dari hasil pengujian, didapatkan hasil bahwa *power control* efektif mengurangi interferensi dan memperbaiki kinerja sistem LTE-Advanced. Kinerja tersebut ditunjukkan dengan 50% SINR pada eNB bernilai di atas 30 dB setelah sebelumnya hanya 25 dB. 50% SINR HeNB bernilai di atas 60 dB setelah sebelumnya hanya 30 dB. Peningkatan SINR diiringi dengan peningkatan parameter performansi yang lain.

Kata Kunci—BER, *power control*, SINR, *throughput*.

I. PENDAHULUAN

Perkembangan teknologi seluler bergerak saat ini telah mencapai generasi keempat yang dikenal dengan teknologi *Long Term Evolution-Advanced* (LTE-A) yang merupakan penyempurnaan dari teknologi LTE. LTE-A memiliki beberapa kelebihan dari LTE yakni dalam hal efisiensi spektral dan kecepatan data. Dengan keunggulan tersebut maka teknologi ini dapat memberikan pelayanan yang lebih baik kepada pelanggan. Dalam teknologi ini terdapat fitur yang terintegrasi ke jaringan LTE-A. Fitur ini disebut dengan *femtocell* atau *Home Enhanced NodeB* (HeNB). HeNB merupakan *base station* dengan daya rendah yang diinstal pada sisi user dan diletakkan di dalam ruangan. HeNB dirancang untuk melayani beberapa user saja. Penerapan HeNB dalam teknologi LTE-A memiliki keuntungan baik bagi user maupun operator. Keuntungan tersebut yakni dalam hal pencapaian kualitas sinyal yang baik serta memperbaiki *throughput indoor*. Dari segi operator, HeNB dapat meningkatkan penggunaan frekuensi *reuse* serta menyediakan kapasitas jaringan dan efisiensi spektral yang tinggi [1]. Di lain sisi HeNB memberikan efek berupa interferensi. Interferensi dapat terjadi secara *uplink* maupun *downlink* yang

menyebabkan penurunan performa sistem radio seluler. Interferensi *uplink* sistem komunikasi LTE-A dengan *femtocell* dapat terjadi antara sesama user HeNB (HUE) atau antara HUE dan user eNB (MUE).

Salah satu teknik manajemen interferensi yang dapat diterapkan pada sistem LTE-A adalah *power control*. Efektifitas teknik *power control* dapat dilihat melalui kinerja sistem LTE-A yang diukur dari beberapa parameter antara lain SINR, *throughput*, dan *Bit Error Rate* (BER).

II. MANAJEMEN INTERFERENSI DENGAN TEKNIK *POWER CONTROL*

Interferensi pada sistem seluler adalah gangguan pada komunikasi yang disebabkan oleh ikut diterimanya sinyal frekuensi lain yang tidak dikehendaki. Interferensi ini menyebabkan penurunan performa sistem radio seluler. Sumber interferensi dapat berupa sesama *mobile station* dalam satu sel yang sama atau *base station* yang beroperasi pada frekuensi yang sama. Penelitian ini menggunakan skenario interferensi yang terdapat dalam standar 3GPP *release-10*. Skenario interferensi tersebut seperti pada tabel 1.

Salah satu teknik manajemen interferensi yang dapat diterapkan pada sistem LTE-A dengan *femtocell* adalah *power control*. *Power control* bekerja dengan cara mengatur daya pancar user penginterferensi sehingga daya interferensi dapat diminimalisasi karena level interferensi yang tinggi dari sel tetangga dapat membatasi area cakupan *uplink* jika user yang menjadi sumber interferensi tersebut tidak dikontrol dayanya [2]. *Power control* dalam penelitian ini adalah *power control* untuk komunikasi *uplink* (*uplink power control*). Dalam *uplink power control* ini terdapat 2 jenis mekanisme yakni *open loop power control* dan *closed loop power control*. Dalam metode *open loop power control*, daya diatur pada user dengan menggunakan parameter dan pengukuran yang ditentukan oleh sinyal yang dikirim oleh *base station*. Sedangkan pada *closed loop power control* daya diatur pada user dengan menggunakan parameter dan pengukuran yang ditentukan oleh sinyal yang dikirim oleh *base station*, kemudian user mengirimkan sinyal *feedback* ke *base station* yang digunakan untuk mengoreksi daya transmit user.

Penelitian ini menerapkan *power control* seperti pada mekanisme *open loop* dimana tidak ada sinyal *feedback* yang

dikirim kembali oleh *base station* ke *user* untuk mengoreksi daya pancar *user*.

Tabel 1.
Skenario Interferensi pada sistem LTE-Advanced [3]

No	Penginterferensi	Terinterferensi	Arah
1	UE yang terhubung ke HeNB	eNB	Uplink
2	HeNB	eNB	Downlink
3	UE yang terhubung ke eNB	HeNB	Uplink
4	eNB	HeNB	Downlink
5	UE yang terhubung ke HeNB	HeNB	Uplink
6	UE yang terhubung ke HeNB/ HeNB	Sistem yang lain	-
7	Sistem lain	UE yang terhubung ke HeNB/HeNB	-

III. METODE PENELITIAN

A. Perancangan Sistem

Tahapan pertama yakni pemodelan sistem yang terdiri dari 1 sel *hexagonal* dengan 1 eNB. Pada tiap sel terdapat model gedung berukuran 50 m × 50 m yang didalamnya tersebar 25 HeNB secara acak dan terletak di tepi sel. Pemodelan diterapkan pada 3 skenario interferensi *uplink* seperti pada tabel 2. Variabel dalam simulasi adalah jumlah *user* penginterferensi yang bervariasi antara 25, 20, dan 15 *user*. Parameter simulasi dalam penelitian seperti pada tabel 3.

Proses selanjutnya yakni perhitungan sistem yang meliputi proses perhitungan jarak, *pathloss*, dan daya terima. Setelah didapatkan nilai-nilai tersebut lalu dilakukan perhitungan parameter kinerja sistem.

Analisis kinerja sistem dilakukan dengan pengamatan pada grafik *Cummulative Distribution Function* (CDF) untuk nilai SINR, *throughput*, dan efisiensi spektral. CDF dari SINR secara matematis didefinisikan sebagai :

$$F_{SINR}(x) = \Pr\{SINR \leq x\} \quad (2)$$

persamaan tersebut berlaku juga untuk *throughput* dan efisiensi spektral. Sedangkan nilai BER dianalisis dalam bentuk grafik *Complementary Cumulative Distribution Function* (CCDF) yang secara matematis didefinisikan sebagai:

$$F'_{BER}(x) = \Pr\{BER \geq x\} \quad (3)$$

Tabel 2.
Skenario Interferensi Simulasi [3]

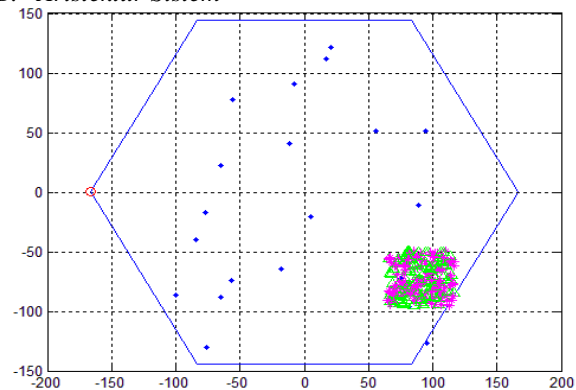
Skenario Interferensi	Penginterferensi	Korban	Arah
1	HUE	eNB	Uplink
2	MUE	HeNB	Uplink
3	HUE	HeNB	Uplink

Tabel 3.
Parameter Simulasi [4]

Parameter	Nilai
Frekuensi <i>carrier</i> (fc)	2 GHz
Bandwidth <i>sub carrier</i>	200 KHz
Pt <i>user</i>	23 dBm
Radius <i>cell</i>	167 m
<i>Shadowing loss</i>	8 dB (standar deviasi)
Suhu kejadian	27°C
Penetrasi <i>loss</i>	20 dB
α	1
Pemodelan gedung	50 m x 50 m

Pada penelitian ini dilakukan batasan terhadap parameter simulasi yakni sel yang disimulasikan hanya satu sel yang terletak di tengah dengan jumlah eNB sebanyak 1. Pengukuran parameter kinerja dilakukan pada sisi eNB dan HeNB.

B. Arsitektur Sistem



Keterangan gambar:

○ eNB ▲ HeNB ● MUE ★ HUE

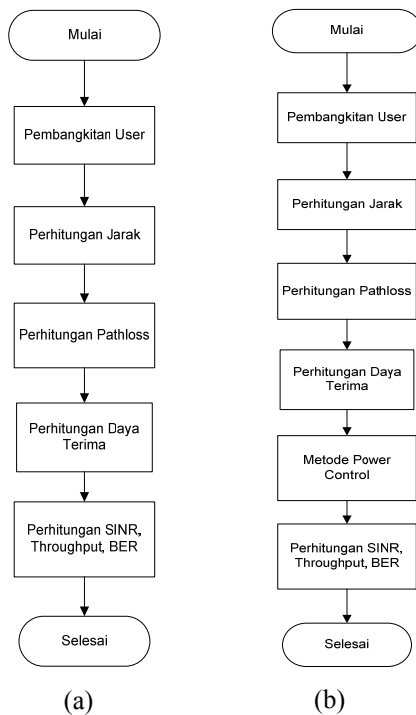
Gambar. 1. Arsitektur Sistem LTE-Advanced

C. Diagram Blok Simulasi

Diagram blok simulasi sistem terbagi menjadi dua yakni diagram blok sistem dengan *power control* dan diagram blok sistem tanpa *power control*. Tahap simulasi diawali dengan pembangkitan *user* dan *base station*. Setelah *user* dibangkitkan dilakukan proses perhitungan jarak antara *user* dengan *base station* dengan menggunakan persamaan (9). Jarak yang didapatkan dipakai dalam perhitungan nilai *pathloss uplink* pada persamaan (6), (7), dan (8), kemudian nilai *pathloss* digunakan untuk menghitung nilai daya terima. Setelah perhitungan daya terima maka dapat tahapan terakhir yakni perhitungan performansi yang meliputi SINR, *throughput*, dan BER sesuai dengan persamaan (10), (11), dan (12).

Pada diagram blok simulasi sistem dengan *power control*, setelah perhitungan daya terima dilakukan penerapan metode *power control* pada daya transmit *user* sesuai dengan

persamaan (4). Gambar diagram blok simulasi sistem seperti pada gambar 2.



Gambar. 2. Digaram (a) blok sistem tanpa *power control* dan (b) dengan *power control*

D. Metode Power Control

Metode *power control* pada penelitian ini diterapkan pada HUE maupun MUE yang menjadi sumber penginterferensi. *Power control* bekerja dengan cara meminimalkan daya pancar *user-user* penginterferensi. Metode *power control* yang digunakan mengacu pada formulasi standar 3GPP Release-10 dengan batasan tanpa menerapkan teknik *scheduling user*. Metode *power control* yang digunakan dituliskan dengan persamaan berikut [3] :

$$P_{\text{PUSCH}} = \min \{ P_{\text{max}}, P_{\text{PUSCH}} + 10 \log_{10} (M_{\text{PUSCH}}) - \alpha \times PL_{\text{UE-servingBS}} \} \quad (4)$$

dimana P_{PUSCH} adalah daya pancar user dengan *power control* dan P_{max} adalah daya pancar maksimum *user*. M_{PUSCH} menunjukkan jumlah *resource block* pada eNB atau HeNB. Pada HeNB jumlah *resource block* yang digunakan sebanyak 4Rbs dan pada eNB sebanyak 50 Rbs. P_{PUSCH} adalah daya transmit *user* berdasarkan nilai *pathloss* yang dituliskan dalam persamaan (2), α adalah faktor kompensasi *pathloss uplink* UE ke BS yang melayani, yang dilambangkan dengan $PL_{\text{UE-serving BS}}$. P_{PUSCH} adalah *transmit power density* yang dihitung berdasarkan fungsi *pathloss* antara *user* dengan *base station victim* ditambahkan dengan daya interferensi pada *base station victim*. Persamaannya berdasarkan referensi [3] diekspresikan sebagai berikut :

$$P_{\text{PUSCH}} = PL_{\text{UE-victim BS}} + Pr_{\text{victim BS}} \quad (5)$$

Nilai *pathloss* dihitung dengan persamaan berikut[4] :

a) UE-eNB (*user outdoor*)

$$PL = 15,3 + 37,6 \log_{10} R \quad (6)$$

b) UE-eNB (*user indoor*)

$$PL = 15,3 + 37,6 \log_{10} R + Low \quad (7)$$

c) UE-HeNB (*user indoor/outdoor*)

$$PL = 127 + 30 \log 10 R / 1000 \quad (8)$$

dimana nilai *pathloss* tersebut adalah *pathloss uplink*, R adalah jarak antara MS dan BS dalam meter (m), Low adalah penetrasi *loss* dalam satuan desibel (dB).

Perhitungan jarak dihitung dengan persamaan berikut :

$$\text{Jarak} = \sqrt{(BSsbX - usersbX)^2 + (BSsbY - usersbY)^2} \quad (9)$$

dimana $BSsbX$ dan $BSsbY$ adalah koordinat *base station* dari titik nol, $usersbX$ dan $usersbY$ adalah koordinat *mobile station* dari titik nol.

E. Perhitungan Performansi

Performansi atau kinerja sistem ditentukan oleh nilai SINR, *throughput*, efisiensi spektral, serta BER.

1) SINR

Untuk mendapatkan kualitas sinyal pada penerima maka digunakan perhitungan SINR. Pada penelitian ini kualitas sinyal diukur pada sisi HeNB dan eNB dengan persamaan

$$SINR = \frac{S}{I + N} \quad (10)$$

dimana SINR adalah rasio perbandingan daya sinyal dan daya interferensi ditambah *noise*. S merupakan daya sinyal, I adalah daya interferensi, dan N adalah daya *noise*.

2) Throughput

Proses evaluasi selain dengan pengukuran nilai SINR dapat dilakukan pula dengan nilai *throughput*. Perhitungan *throughput* yang digunakan pada penelitian ini dilakukan dengan pendekatan formulasi Shannon dengan B_w adalah *bandwidth per user*

$$C = B_w \log_2 (1 + SINR) \quad (11)$$

3) Bit Error Rate (BER)

Probabilitas *bit error* dihitung dengan formulasi probabilitas *bit error* untuk tipe modulasi 16 QAM, persamaannya berdasarkan pada referensi [5] sebagai berikut:

$$P_b = \frac{4}{\log_2 M} Q(1 - \text{erf}) \sqrt{\frac{3Eb}{No} \log_2 M / M - 1} \quad (12)$$

dimana P_b adalah peluang *bit error* yang dihitung dengan pendekatan Q function, M adalah jumlah ary QAM dan E_b/N_0 adalah energi *bit* per *noise* yang dihitung seperti pada referensi [6] sebagai berikut:

$$E_b / N_0 = B_w \times SINR / Rate \quad (13)$$

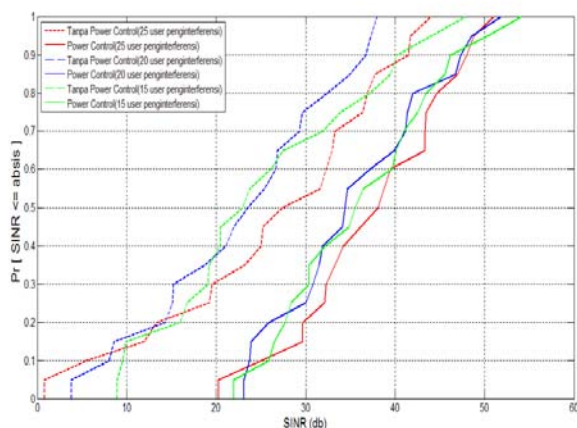
IV. ANALISIS HASIL

Pada bagian ini akan ditampilkan analisis hasil simulasi pada masing-masing skenario interferensi dengan dan tanpa metode *power control* yang dikur dari parameter SINR, *throughput*, dan BER.

A. Skenario Interferensi 1

1) Analisis Perbandingan Nilai SINR

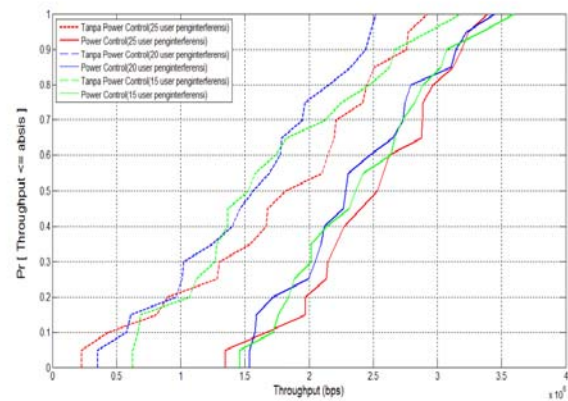
Pada skenario ini pengukuran dilakukan pada sisi eNB. Pengamatan dilakukan pada grafik CDF yang secara matematis didefinisikan pada persamaan (2). Dari grafik dapat dilihat bahwa secara umum *power control* efektif meningkatkan kinerja sistem dilihat dari nilai SINR. Pada skema *user* penginterferensi yakni 25,20, 15 *user* berturut-turut dapat dilihat bahwa saat probabilitas bernilai 0,2 nilai SINR nya adalah 13,3 dB, 14,3 dB, dan 15,9 dB sebelum penerapan *power control*. Setelah penerapan *power control* nilai SINR naik menjadi 29,6 dB, 25,9 dB, dan 27,7 dB.



Gambar 3. Grafik SINR eNB (Skenario 1)

2) Analisis Perbandingan Nilai Throughput

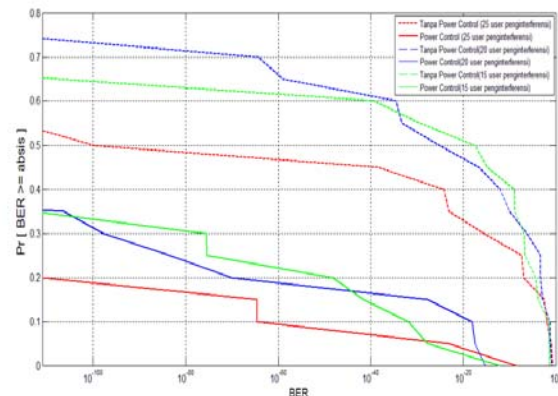
Dari hasil simulasi, nilai *throughput* yang dihasilkan secara umum dapat dilihat bahwa dengan metode *power control* jauh lebih baik dibanding tanpa metode *power control*. Dari grafik CDF tanpa *power control* dapat dilihat bahwa saat CDF =1 nilai *throughput* 25, 20, dan 15 *user* berturut-turut adalah 2,9 Mbps, 2,5 Mbps, dan 3,2 Mbps. Dengan *power control*, *throughput* naik menjadi 3,3 Mbps, 3,4 Mbps, dan 3,6 Mbps



Gambar 4. Grafik Throughput eNB (Skenario 1)

3) Analisis Perbandingan Nilai BER

Nilai BER disajikan dalam grafik CCDF. Dari grafik yang dihasilkan pada skenario ini tanpa *power control*, probabilitas *bit error* $\geq 10^{-10}$ pada skema 25,20, dan 15 *user* adalah 0,28, 0,35, dan 0,41. Sedangkan dengan metode *power control* probabilitasnya turun menjadi 0,01 pada skema 25 *user* dan bernilai 0 pada skema 20 dan 15 *user*.

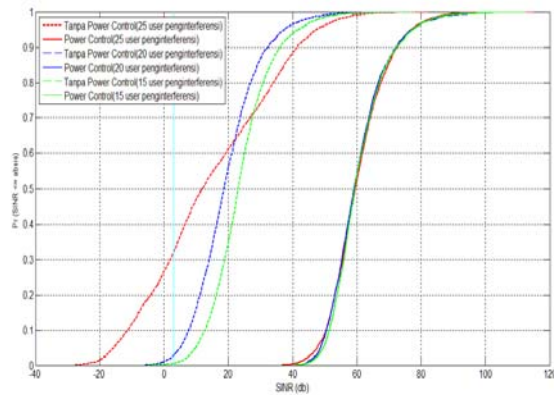


Gambar 5. Grafik BER eNB (Skenario 1)

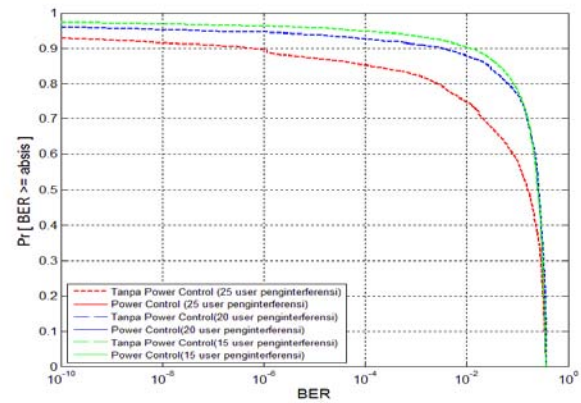
B. Skenario 2

1) Analisis Perbandingan Nilai SINR

Pada skenario ini pengukuran dilakukan di HeNB. Dari hasil simulasi tanpa *power control* didapatkan nilai probabilitas SINR < 3 dB (*threshold* SINR) pada skema 25, 20, dan 15 *user* berturut-turut adalah 0,3001, 0,0021, 0,0015. Dengan metode *power control* semua nilai SINR masing-masing skema *user* berada di atas *threshold* dengan prosentase sekitar 50% bernilai 60 dB, dan SINR tertinggi yang dihasilkan adalah 118,6 dB setelah sebelumnya hanya sekitar 80 dB.



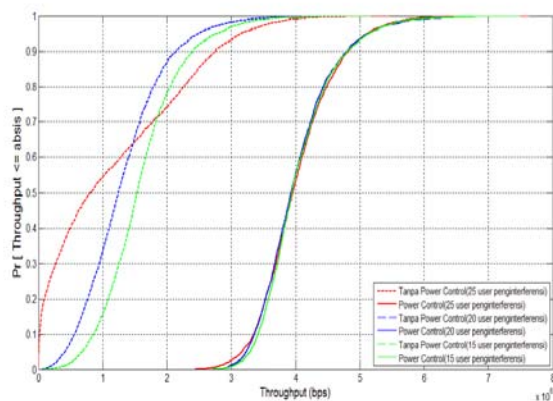
Gambar. 6. Grafik SINR HeNB (Skenario 2)



Gambar 8. Grafik BER HeNB (Skenario 2)

2) Analisis Perbandingan Nilai Throughput

Grafik hasil *throughput* simulasi skenario 2 dapat diamati bahwa tanpa metode *power control* pada skema 25, 20, dan 15 user saat CDF = 0,5 adalah 0,81 Mbps, 131 Mbps, dan 1,5 Mbps. Dengan metode *power control*, *throughput* sistem naik menjadi 3,89 Mbps, 3,87 Mbps, dan 3,98 Mbps.



Gambar. 7. Grafik Throughput HeNB (Skenario 2)

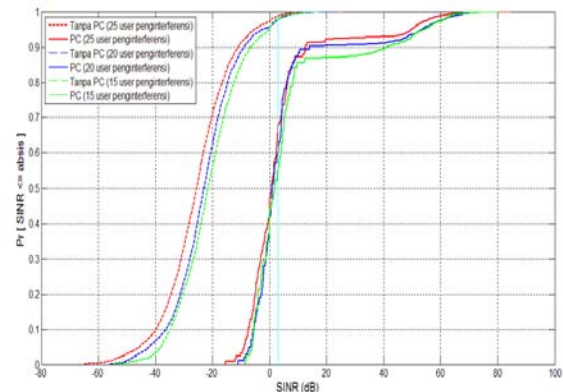
3) Analisis Perbandingan Nilai BER

Dari grafik BER tanpa *power control* pada skenario 2 didapatkan hasil bahwa probabilitas $BER \geq 10^{-5}$ pada skema user 25, 20, dan 15 adalah 0,5, 0,7 dan 0,8. Sedangkan dengan *power control* probabilitasnya adalah 0. Grafik BER dengan *power control* tidak terpantau dikarenakan nilai SINR yang dihasilkan sangat tinggi sehingga nilai BER menjadi sangat baik yakni mendekati 0. Dalam grafik ini nilai BER yang sangat kecil tersebut tidak terpantau kemunculannya.

C. Skenario 3

1) Analisis Perbandingan Nilai SINR

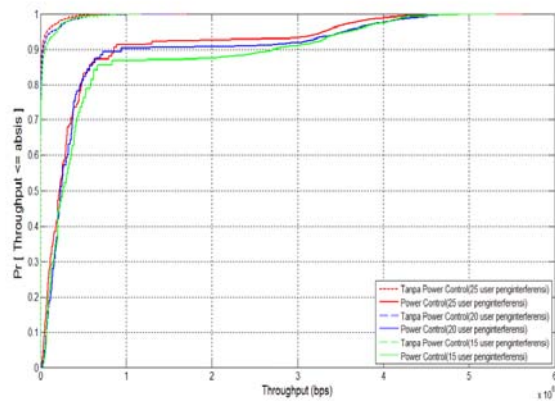
Pada skenario 3 pengukuran juga dilakukan pada HeNB. Pada grafik tanpa *power control* probabilitas $SINR \leq 3$ dB pada skema 25, 20, dan 15 user adalah 0,9875, 0,9788, 0,9792. Sementara grafik dengan *power control* menunjukkan penurunan probabilitas $SINR \leq 3$ dB yakni 0,6803, 0,6024, 0,4116.



Gambar. 9. Grafik SINR HeNB (Skenario 3)

2) Analisis Perbandingan Nilai Throughput

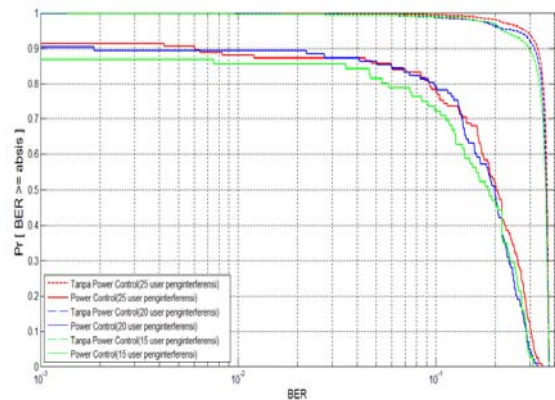
Pada grafik didapatkan perbedaan yang meyorok yakni saat CDF = 1 *throughput* sebelum metode *power control* hanya bernilai sekitar 1,8 Mbps pada masing-masing skema user. Sedangkan setelah penerapan *power control* *throughput* naik menjadi 5 Mbps.



Gambar. 10. Grafik Throughput HeNB (Skenario 3)

3) Analisis Perbandingan Nilai BER

Pada kurva CCDF BER skenario 3 didapatkan hasil bahwa tanpa metode *power control* probabilitas bit error $\geq 10^{-3}$ adalah 1, sedangkan dengan metode *power control* probabilitasnya turun menjadi sekitar 0,9.



Gambar. 11. Grafik BER HeNB (Skenario 3)

V. KESIMPULAN

Setelah dilakukan simulasi dan analisis mengacu pada asumsi dan skenario yang ada, didapatkan kesimpulan bahwa *power control* efektif meminimalisasi interferensi dibuktikan dengan perbaikan performansi pada 3 skenario interferensi pada saat sebelum dan sesudah metode *power control* yakni pada skenario 1 prosentase rata-rata SINR di atas 40 dB adalah 40% dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase rata-rata sebesar 10%. Prosentase rata-rata nilai *throughput* di atas 2 Mbps adalah 70%, dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase rata-rata sebesar 25%. Prosentase nilai BER di bawah 10^{-10} adalah 100% dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase rata-rata sebesar 60%. Pada skenario 2 prosentase rata-rata nilai SINR di atas 40 dB adalah 99% dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase rata-rata sebesar 6,3%. Prosentase rata-rata nilai *throughput* di atas 3,5 Mbps adalah 90%, dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase rata-rata sebesar 3,3%. Prosentase nilai BER di bawah 10^{-3} adalah 100% dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase rata-rata sebesar 11,3%. Sementara pada skenario 3 prosentase rata-rata nilai SINR di atas 3 dB adalah 30% dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase sebesar

2%. Prosentase rata-rata nilai *throughput* 3 Mbps adalah 98% dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase sebesar 3,6%. Prosentase nilai BER di bawah 10^{-3} adalah 9,3% dibanding sebelumnya yang memiliki prosentase rata-rata sebesar 0%.

DAFTAR PUSTAKA

- [1] Zhang Jie, Guillaume de La Roche, "Femtocells Technologies and Deployment", Jhon Wiley and Son Ltd, United Kingdom, Ch. 2, 2010.
- [2] Khan, Farooq, "LTE for 4G Mobile Broadband. Air Interface Technologies and Performance", Cambridge University Press, United Kingdom, Ch.13, 2009.
- [3] "LTE Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); TDD Home eNodeB (HeNB) Radio Frequency (RF) Requirement Analysis", 3GPP TR 136.922 v10.0.0, May 2011.
- [4] "Simulation assumptions and Parameters for FDD HeNB RF Requirements", 3GPP TSG RAN WG4 (R4-092042)
- [5] Goldsmith, Andrea, "Wireless Communication", Cambridge University Press, UK, 2005.
- [6] Dhalman, E., Stevan Parkvall, dan Johan Skold, "4G LTE/LTE-Advanced for Mobile Broadband", Elsevier, UK, Ch.2, 2011.